doi:10.13866/j. azr. 2020.01.02

东亚副热带急流经向位置对中国西北东部盛夏降水的影响①

姬　凯[1]，　王士新[2]，　左洪超[1]，　王一璞[1]，　丁瑞强[3]

（1. 兰州大学大气科学学院，甘肃 兰州　730000；2. 南京信息工程大学水文与水资源工程学院，江苏 南京　210044；3. 中国科学院大气物理研究所，北京　100029）

摘　要： 选取国家气象信息中心整编的中国179个气象站逐日降水资料，以及NCEP/NCAR逐月再分析资料，在分析1979—2017年西北地区东部的盛夏(7、8月)降水变化特征的基础上，利用东亚副热带西风急流经向位置指数，重点讨论东亚副热带西风急流经向位置变化与西北地区东部盛夏降水的关系，以期进一步提高对西北地区旱涝灾害的预测水平。结果表明：在东亚副热带西风急流中心经向位置异常偏北年，西北地区东部偏北区域盛夏降水较常年多，而西北地区东部偏南区域盛夏降水较常年少，反之亦然。表现出东亚副热带西风急流经向位置变化对西北地区东部盛夏降水影响的南北带状反向分布特征。

关键词： 盛夏降水；气候变化；东亚副热带急流经向位置；西北地区东部

我国位于东亚季风区，在北半球纬度跨度大，且东西地形各有不同，夏季降水表现出显著的空间分布特征。影响我国夏季降水的因素相当复杂，主要包括太阳活动、大气环流系统、ENSO及下垫面众多强迫因子[1]。东亚副热带急流是常年位于东亚副热带地区200 hPa附近强而窄的高速气流带，其强度变化和位置移动对我国的降水分布和雨带移动有很大的影响。研究表明[2-3]，东亚高空西风急流的移动与北半球大气环流变化以及东亚梅雨期的开始和结束有密切联系。

不少学者通过研究副热带西风急流与我国华北、黄河流域及长江流域夏季降水的关系，来提高东亚地区尤其是我国天气气候变化的模拟和预测水平。如方晓洁等[4]指出：夏季西风急流异常偏北时，我国长江中下游夏季降水异常偏少，河套、华北地区夏季降水异常偏多，反之亦然。金荣花等[5]研究了梅雨异常与东亚副热带西风急流活动的关系，通过合成分析结果显示，异常丰梅年较空梅年急流强度偏强，急流带狭窄，质量和动量集中。Wang等[6]通过定义西风急流强度指数，讨论了季节内西风急流强度对长江流域夏季降水的影响。杜银等[7]分析了东亚副热带西风急流轴位置的变化趋势及其对中国东部夏季降水分布的影响。况雪源等[8]定义了东亚副热带西风急流轴线指数，表明该指数的时间变化具有与长江中下游夏季降水较一致的年代际变化及年际振荡特征。邵鹏程等[1]分析了黄河流域夏季降水的异常空间型分类，并讨论了其与东亚副热带西风急流的关系。同时，也有学者对东亚副热带西风急流在夏季降水尤其是暴雨过程中产生的影响机理进行了研究[9-10]。

由此可知，东亚副热带西风急流作为东亚夏季风环流系统的重要成员，对我国尤其是我国东部地区夏季降水有重要影响。然而，对我国西北地区，尤其是西北地区东部的相关研究尚不多见。我国西北地区深居亚洲内陆腹地，地形复杂，气候多样，主要特征表现为干旱少雨，降水时空分布不均[11]。在西北地区东部，夏季7、8月是降水最多和最集中的季节，且多以强降水的形式出现，容易造成极端降水事件，在黄土高原等土质疏松的地区引起山洪，造成水土流失[12-13]。因此，对西北地区东部开展盛夏季节降水变化的研究具有重要现实意义。

本文利用台站降水资料及大气环流数据，重点

① **收稿日期：** 2019-03-04；　**修订日期：** 2019-09-06
基金项目： 国家自然基金项目(41875009,41805052)共同资助
作者简介： 姬凯(1994-)，男，研究生，主要从事气候变化及诊断分析研究. E-mail: jik17@lzu.edu.cn.
通讯作者： 左洪超. E-mail: zuohch@lzu.edu.cn

研究西北地区东部盛夏降水与东亚副热带西风急流经向位置的相关关系,并通过合成分析讨论东亚副热带西风急流经向位置指数异常年的环流场和水汽输送状况,揭示副热带急流经向位置引起西北地区东部盛夏降水变化的影响机制,以期进一步提高对西北地区旱涝灾害的预测水平。

1　资料与方法

1.1　资料选取

选用资料包括:① NCEP(National Centers for Environmental Prediction)/NCAR(National Centers for Atmospheric Research)提供的 1979—2017 年 7、8 月逐月再分析资料,水平分辨率为 2.5°×2.5°,要素为 100 hPa 和 500 hPa 位势高度场、200 hPa 经纬向风场、300～1 000 hPa 比湿场及 100～1 000 hPa 垂直速度场。② 针对西北地区盛夏降水,本文选取国家气象信息中心整编的中国 179 个气象站点逐日资料,1979—2017 年 7、8 月具有连续观测值的降水量日值数据,并通过 Cressman 方法插值到 0.5°×0.5°的网格点上。

1.2　方法介绍

主要采用时间尺度滤波处理(9 a 滑动平均)、相关分析和合成分析等方法。利用况雪源等[8]的方法定义盛夏东亚副热带西风急流经向位置指数,来表征东亚副热带西风急流经向位置变化。

本文使用地面和高空各等压面的经向风场、纬向风场、比湿场来计算整层水汽输送量。计算公式为:

$$\vec{Q} = \frac{1}{g}\int_{p_t}^{p_s} q\,\vec{V}\mathrm{d}p$$

$$\vec{V} = \sqrt{\vec{u}^2 + \vec{v}^2},$$

式中:q 为比湿(g·kg^{-1});$\vec{V}$为水平风速;$\vec{u}$ 为纬向风;$\vec{v}$ 为经向风(单位均为 m·s^{-1});p_s、p_t 分别是大气柱下界气压(地表面气压)和上界气压(取 300 hPa);g 表示重力加速度;$\vec{Q}$ 表示整层水汽通量积分。

2　东亚副热带西风急流经向位置与西北地区盛夏降水的关系

2.1　西北地区盛夏降水变化特征

西北地区境内的众多高山和黄土高原的隆起,使气候特征形成复杂的格局。该地区是我国降水量最少的地方,也是干旱最严重的区域之一。随着全球气候变暖日益明显,特别是 20 世纪 80 年代后期以来,我国西北地区西部和中部的气候转为暖湿型,而西北地区东部的气候却呈现持续干旱化的特征[14-15]。

通过计算西北地区 1998—2017 年平均盛夏降水量与 1979—2017 年平均盛夏降水量的差值(图 1),可以明显看出近 20 a 盛夏降水量在西北地区西部和中部略有增加,而在西北地区东部显著减少,表现出干旱化气候特征,与前述研究结果一致[16]。

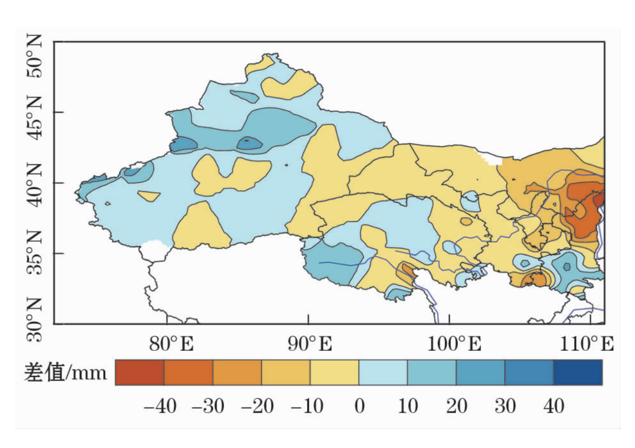


图 1　1998—2017 年平均盛夏降水量与 1979—2017 年平均盛夏降水量的差值

Fig. 1　Difference of the average midsummer precipitation between the periods of 1998－2017 and 1979－2017

2.2　盛夏东亚副热带西风急流经向位置指数的定义和年际及年代际变化特征

本文定义盛夏东亚副热带西风急流经向位置指数为 7、8 月 200 hPa 等压面上 70°～120°E、30°～50°N 区域内最大西风所在纬度的平均值。这一指数定义的依据主要基于两方面:① 东亚副热带西风急流的风速最大值常年出现在 200 hPa[17],因此定义在 200 hPa 等压面上进行分析;② 除少数荒漠地区外,盛夏为西北地区东部全年降水最多和最集中的时段。

盛夏东亚副热带西风急流经向位置指数在 1979—2017 年表现出明显的年际变化特征(图 2),即反映了东亚副热带西风急流经向平均中心位置的年际变化。在这 39 a 间,盛夏东亚副热带西风急流中心的平均经向位置在 41.5°N,其变化幅度达到 4 个纬度左右。同时,利用低通滤波分析盛夏东亚副热带西风急流经向位置移动的年代际变化特征,结

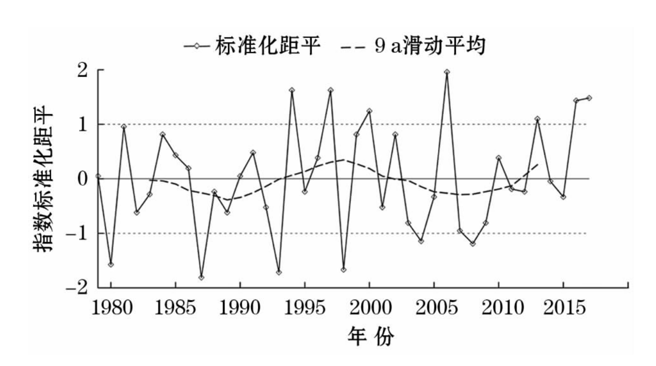


图 2 1979—2017 年年际盛夏东亚副热带西风急流经向位置指数标准化距平

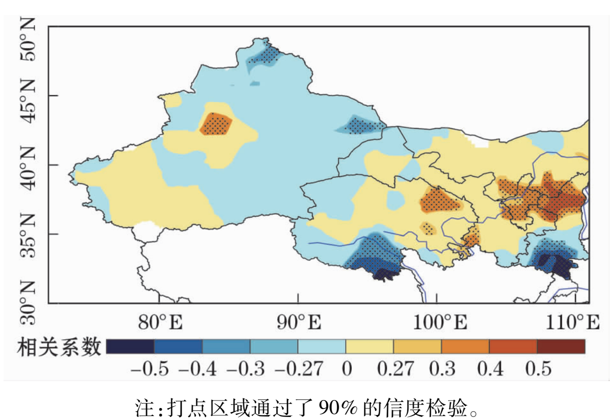
Fig. 2 The normalized anomaly of meridional position index of interannual midsummer East Asian subtropical westerly jet during 1979 – 2017

果表明 20 世纪 80 年代急流经向位置指数有下降趋势,急流经向平均中心位置由北向南偏移,而在 90 年代急流经向位置指数逐渐增大,急流中心向北回收,在 90 年代末以后急流经向位置指数逐渐减小,自 2008 年以来急流经向位置指数呈现上升趋势,急流经向平均中心位置向北偏移,表现出周期性的年代际变化特征。

2.3 东亚副热带西风急流位置和西北地区盛夏降水的相关关系

近 39 a 东亚副热带西风急流经向位置指数与西北地区盛夏降水的相关关系见图 3。在西北地区西部的广大区域中,除新疆中部的一小块区域,副热带西风急流经向位置指数与盛夏降水的相关并不显著。副热带西风急流经向位置指数与西北地区东部(32° ~ 40°N,95° ~ 111°E)盛夏降水的相关关系存在较明显的南北反向特征:在 35°N 以北大部分地区呈正相关,特别是青海东北部、宁夏大部和陕西中北部盛夏降水与急流经向位置指数相关系数通过了 90% 的信度检验。而在 35°N 以南大部分地区则呈负相关,尤其在青海南部和陕西中南部相关系数达到 – 0.5 以上。表明副热带急流中心位置偏北,西北地区东部偏北区域盛夏降水可能较常年多,偏南区域盛夏降水较常年偏少,反之亦然。

为进一步论证东亚副热带西风急流经向位置变化与西北地区盛夏降水的关系,笔者选取急流经向位置指数标准化距平大于 1 和小于 – 1 的年份:1994、1997、2000、2006、2013、2016 年和 2017 年,共 7 a 作为急流中心位置异常偏北年份;1980、1987、1993、1998、2004 年和 2008 年,共 6 a 作为急流中心位置异常偏南年份。由图 4 可以看出,在西北地区东部偏北区域(35° ~ 40°N,95° ~ 111°E),其盛夏降



注:打点区域通过了 90% 的信度检验。

图 3 1979—2017 年盛夏东亚副热带西风急流经向位置指数和西北地区盛夏降水的相关系数分布

Fig. 3 Correlation coefficients between the meridional position index of midsummer East Asian subtropical westerly jet and the midsummer precipitation in Northwest China during 1979 – 2017

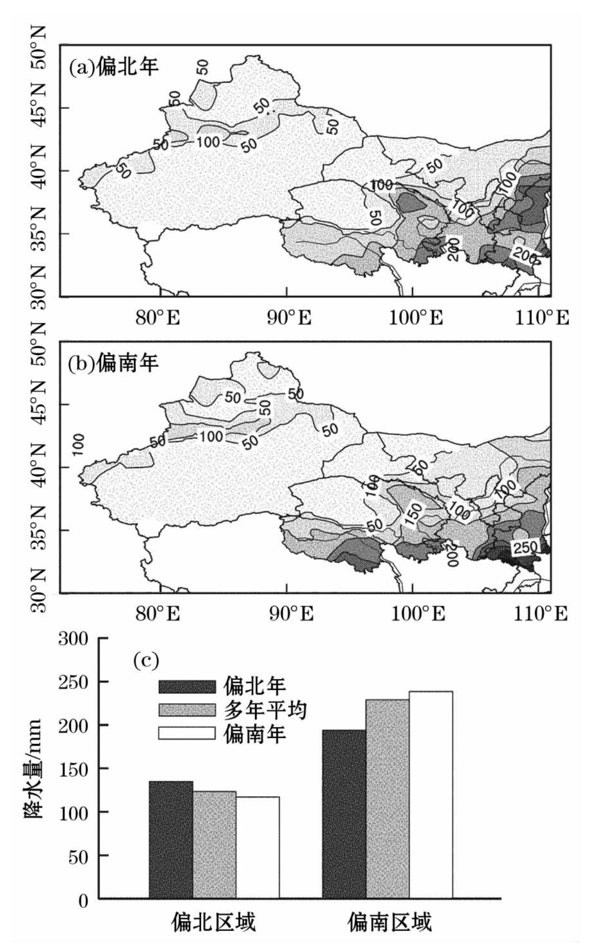


图 4 急流经向位置异常年西北地区盛夏降水合成分布和西北地区东部偏北、偏南区域平均值

Fig. 4 The distribution of the midsummer precipitation in the Northwest China in the years with abnormal meridional position of East Asian subtropical westerly jet

水量在急流中心位置异常偏北年份相比常年平均和急流中心位置异常偏南年份较多,在陕西中北部可达250 mm以上;在西北地区东部偏南区域(32°~35°N,95°~111°E),其盛夏降水量在急流中心位置异常偏南年份相比常年平均和急流中心位置异常偏北年份较多,尤其在陕西南部汉中、安康地区可达400 mm以上[18-19]。由此可知,在西北地区东部,急流中心位置与其南北区域盛夏降水有密切联系。

3　影响机制分析

3.1　风场

在200 hPa纬向风距平场中(图5),急流经向位置异常偏北年整个副热带西风急流距平中心区位于47°N左右,中心偏东,急流强度范围较大(图5a);而在急流经向位置异常偏南年西风急流正距平明显偏南,位置在35°~40°N附近,分裂为2个中心,偏西中心强度较强(图5b)。表明200 hPa纬向风场距平的节点在40°N左右,与之前对副热带西风急流中心的平均经向位置的分析结果一致。

3.2　位势高度场

南亚高压是夏季出现在青藏高原及邻近地区上空100 hPa层上强大而稳定的控制性环流系统。作为一个行星尺度的环流背景,它与北半球夏季大气环流和亚洲区域天气气候关系密切,对东亚天气气候有重大影响。西太副高与东亚地区的天气变化同样有着极为密切的关系。图6是东亚副热带西风急流经向位置异常偏北年和异常偏南年合成的100 hPa和500 hPa位势高度场距平。在急流经向位置异常偏北年,100 hPa位势高度场距平表现为北正南负的分布,正距平中心位于40°N,表明南压高压位置偏北,中心强度偏强。500 hPa位势高度场距平为西负东正分布,东亚大陆上空为负距平,西太平洋地区为正距平,表明西太平洋副热带高压位置偏西、偏北,雨带北抬,有利于来自印度洋及孟加拉湾的水汽沿副热带高压西侧源源不断地深入输送至西北地区东部偏北区域。当急流经向位置异常偏南时,100 hPa位势高度场在东亚大范围地区为负距平分布,表明南亚高压中心强度偏弱,位置偏南。500 hPa位势高度场距平为西正东负分布,中高纬地区受阻塞高压控制,高值中心位于乌拉尔山以东,贝加尔湖以西,东北地区受低压槽控制,有利于冷空气南下。同时可以看到一正距平中心位于华南及南海一带,表明西太平洋副热带高压位置偏东偏南,雨带南压,导致西北地区东部偏南区域降水偏多。这与前人的研究结果[20]较为吻合。

3.3　水汽输送

充沛的水汽来源和上升运动是降水产生的两个必要条件。西北地区远离水汽源地,加之周围高大地形的环绕,因此,低层气流难以爬升,使得水汽来源、输送方式对该地区降水研究产生重要影响。比较急流经向位置异常偏北年和偏南年平均水汽通量合成分布(图7),二者表现出明显的差异。急流经向位置异常偏北年,水汽通量距平合成分布在西北地区东部表现为北正南负,偏北区域的水汽主要来源于孟加拉湾及中国南海。有一部分水汽来自中亚内陆海,但强度较小;而在青藏高原出现的气旋性环流则可能导致偏南区域水汽减少,不利于降水。而急流经向位置异常偏南年,水汽通量距平合成分布在西北地区东部表现为北负南正,偏南区域的水汽主要来源于阿拉伯海及孟加拉湾。对比东亚副热带西风急流经向位置异常年的95°~111°E平均经向垂直环流可知,在急流经向位置异常偏北年(图8a),

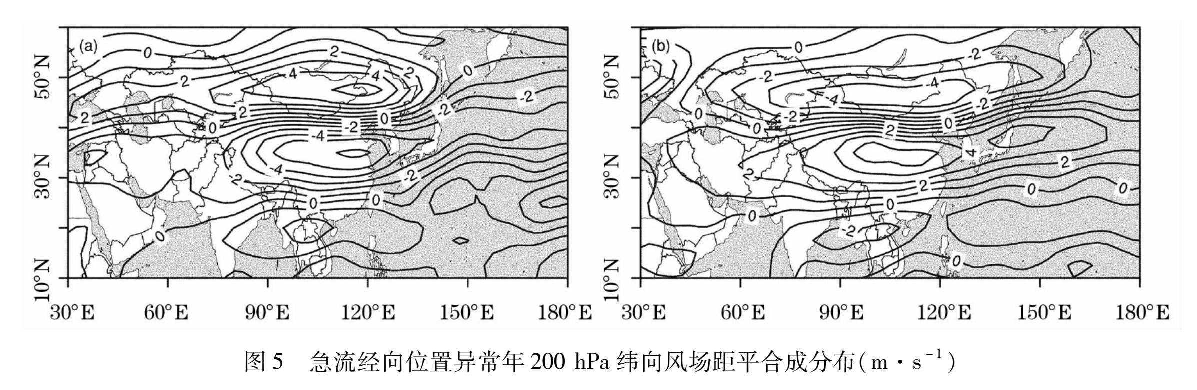


图5　急流经向位置异常年200 hPa纬向风场距平合成分布(m·s-1)

Fig. 5　Composite distribution of anomaly of 200-hPa zonal wind field in abnormal years of East Asian subtropical westerly jet meridional position (m·s-1)

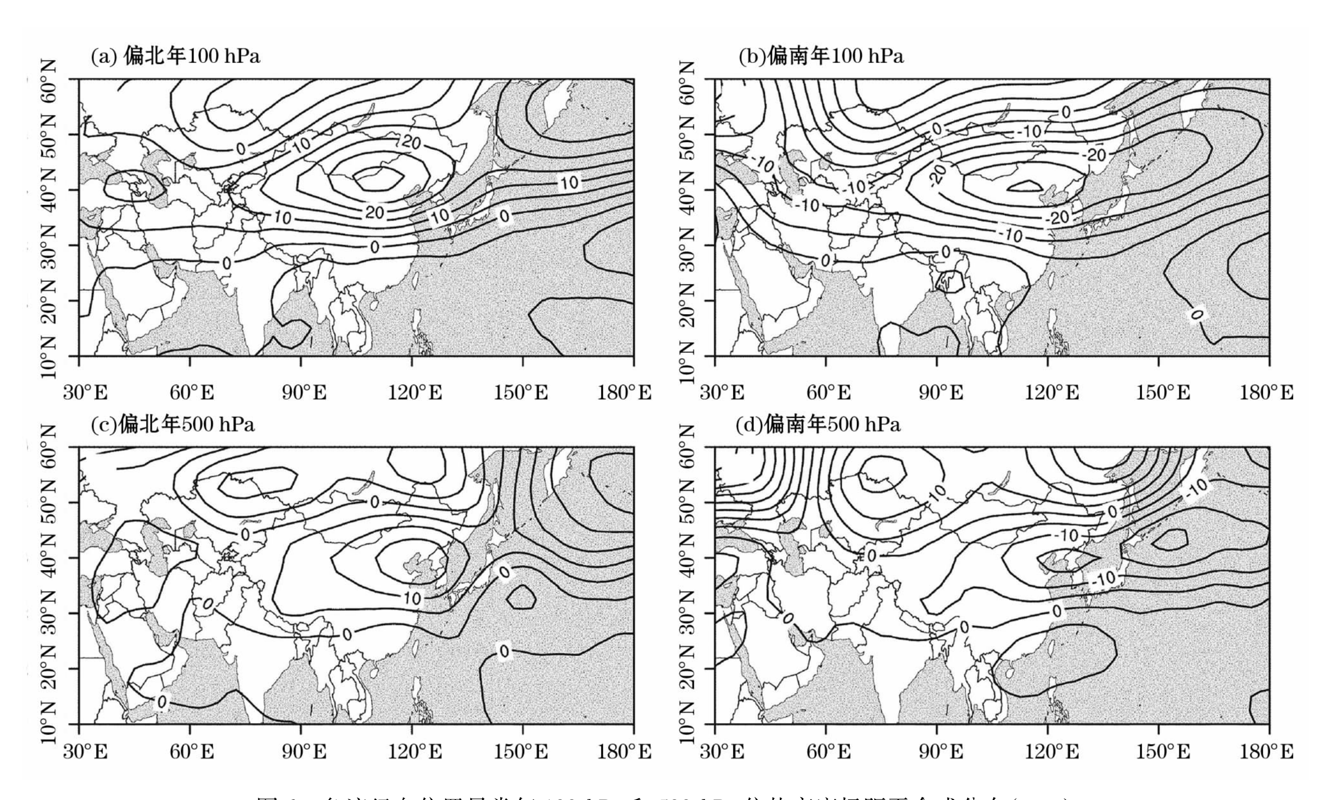


图6 急流经向位置异常年 100 hPa 和 500 hPa 位势高度场距平合成分布(gpm)

Fig. 6 Composite distribution of anomaly of 100 – hPa and 500 – hPa geopotential height fields in abnormal years of East Asian subtropical westerly jet meridional position (gpm)

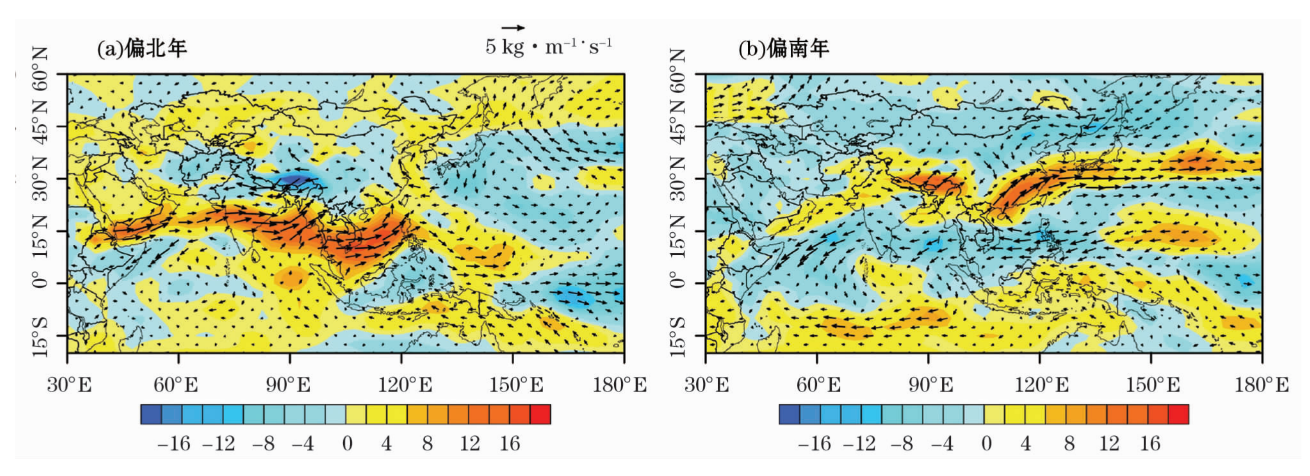


图7 急流经向位置异常年整层水汽通量距平(填色,kg · m^{-1} · s^{-1})和 850 hPa 层水汽通量距平(矢量箭头,20 kg · m^{-1} · s^{-1})

Fig. 7 Composite distribution of anomaly of vertically integrated water vapor flux (shadow, kg · m^{-1} · s^{-1}) and anomaly of 850 – hPa water vapor flux in abnormal years of East Asian subtropical westerly jet meridional position (arrow, 20 kg · m^{-1} · s^{-1})

气流在底层的辐合上升区位于 40°N 附近,对应西北地区东部偏北区域利于产生降水;而在 35°N 以南存在显著的下沉气流,抑制降水的发生。在急流经向位置异常偏南年(图 8b),气流在底层的辐合上升区位于 35°N 以南,明显较偏北年南移,在 850 ~ 200 hPa 存在明显辐合上升运动和旺盛对流,强度偏强,因此,降水中心偏南。

4 结 论

本文选取中国 179 个气象站逐日降水资料和 NCEP/NCAR 逐月再分析资料,在分析中国西北地区盛夏降水变化特征和东亚副热带西风急流经向位置指数年际及年代际变化的基础上,对急流经向位置与西北地区东部盛夏降水相关关系的影响机制进

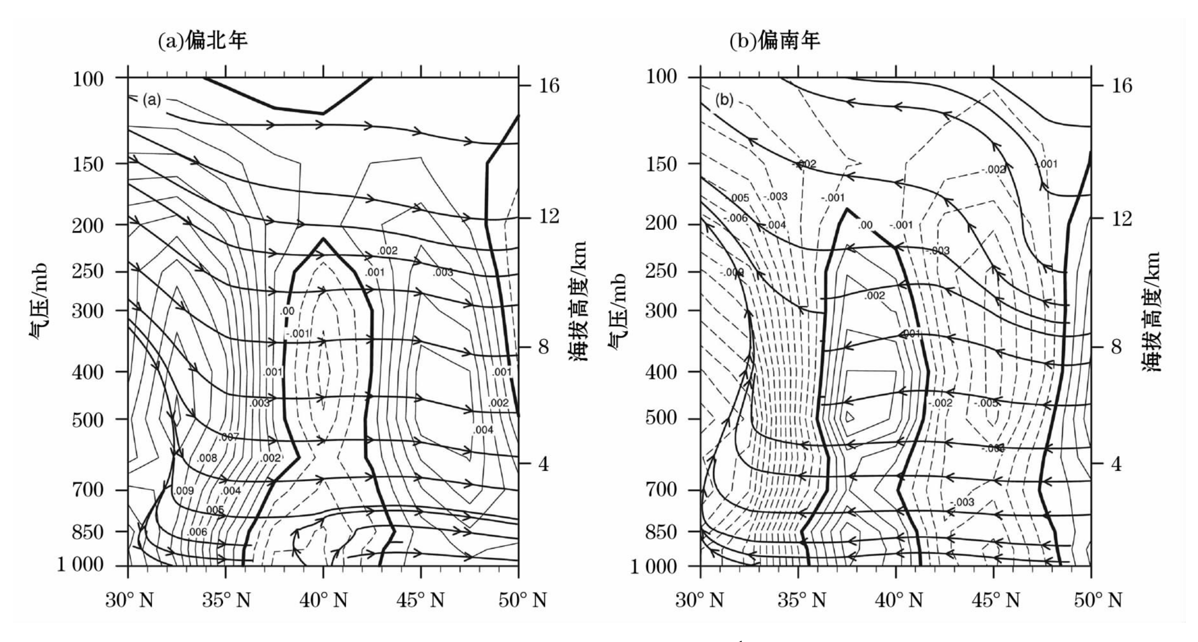


图 8　急流经向位置异常年 95° ~ 111°E 剖面垂直速度距平(Pa · s^{-1},放大 1 000 倍;实线:正值;虚线:负值)和经向垂直环流距平(m · s^{-1},箭头)

Fig. 8　Composite distribution of anomaly of vertical speed anomaly (Pa · s^{-1}, magnified by a thousand times; solid lines: positive values; dashed lines: negative values), and anomaly of vertical circulation (m · s^{-1}, arrows) along 95° − 111°E in abnormal years of East Asian subtropical westerly jet meridional position

行了讨论,得到以下几点结论:

(1) 近 20 a 盛夏降水量在西北地区西部和中部略有增加,而在西北地区东部显著减少,表现出干旱化气候特征。

(2) 近 39 a 盛夏东亚副热带西风急流中心经向位置南北变化幅度达到 4 个纬度,同时急流中心的经向位置移动具有明显年际和年代际变化特征。

(3) 东亚副热带西风急流中心经向位置异常偏北年和偏南年,大气环流在对流层高层和中低层都表现出显著的差异。急流异常偏北年,南压高压位置偏北,中心强度偏强,西太副高位置偏西、偏北,雨带北抬,气流的辐合上升区位于 40°N 附近,导致西北地区东部偏北区域盛夏降水较多,而偏南区域盛夏降水较少。急流异常偏南年,南亚高压中心强度偏弱,位置偏南,西太副高位置偏东偏北,雨带南压,气流的辐合上升区明显南移。总体表现为东亚副热带西风急流经向位置变化对西北地区东部盛夏降水影响的南北带状反向分布特征。

参考文献(References):

〔1〕　邵鹏程,李栋梁,王春学. 近 50 年黄河流域夏季降水的时空变化及其与东亚副热带西风急流的关系〔J〕. 高原气象,2015,34(2):347 − 356.〔Shao Pengcheng, Li Dongliang, Wang Chunxue. Spatial and temporal variations of summer precipitation over the Yellow River Basin in the past 50 years and its relationship with the East Asian subtropical westerly jet〔J〕. Plateau Meteorology, 2015, 34(2):347 − 356.〕

〔2〕　叶笃正,陶诗言,李麦村. 在六月和十月大气环流的突变现象〔J〕. 气象学报,1958,29(4):249 − 263.〔Ye Duzheng, Tao Shiyan, Li Maicun. The abrupt phenomenon of atmospheric circulation in June and October〔J〕. Journal of Meteorological Research, 1958, 29(4):249 − 263.〕

〔3〕　陶诗言,赵煜佳,陈晓敏. 东亚的梅雨期与亚洲上空大气环流季节变化的关系〔J〕. 气象学报,1958,29(2):119 − 134.〔Tao Shiyan, Zhao Yujia, Chen Xiaomin. The relationship between the Meiyu period in East Asia and the seasonal variation of atmospheric circulation over Asia〔J〕. Journal of Meteorological Research, 1958, 29(2):119 − 134.〕

〔4〕　方晓洁,曾晓枚,陈雪芹. 东亚夏季 200 hPa 西风急流时空分布特征与我国夏季降水关系的初步分析〔J〕. 气象与环境科学,2009,32(2):11 − 15.〔Fang Xiaojie, Zeng Xiaomei, Chen Xueqin. A preliminary analysis of the temporal and spatial distribution characteristics of the 200 hPa westerly jet in East Asia in summer and the relationship between summer precipitation in China〔J〕. Meteorological and Environmental Sciences, 2009, 32(2):11 − 15.〕

〔5〕　金荣花,李维京,张博,等. 东亚副热带西风急流活动与长江中下游梅雨异常关系的研究〔J〕. 大气科学,2012,36(4):722 − 732.〔Jin Ronghua, Li Weijing, Zhang Bo, et al. Study on the relationship between the East Asian subtropical westerly jet and the

Meiyu anomaly in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2012,36(4):722 –732.]

[6] Wang S X,Zuo H C. Effect of the East Asian westerly jet's intensity on summer rainfall in the Yangtze River valley and its mechanism[J]. Journal of Climate,2016,29(7):2 395 –2 406.

[7] 杜银,张耀存,谢志清. 东亚副热带西风急流位置变化及其对中国东部夏季降水异常分布的影响[J]. 大气科学,2009,33(3):581 –592.[Du Yin,Zhang Yaocun,Xie Zhiqing. The Change of the position of the East Asian subtropical westerly jet and its influence on the anomalous distribution of summer precipitation in Eastern China[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2009,33(3):581 –592.]

[8] 况雪源,张耀存. 东亚副热带西风急流位置异常对长江中下游夏季降水的影响[J]. 高原气象,2006,25(3):382 – 389.[Kuang Xueyuan,Zhang Yaocun. Effects of East Asian subtropical westerly jet anomaly on summer precipitation in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Plateau Meteorology,2006,25(3):382 –389.]

[9] 周兵,韩桂荣,何金海. 高空西风急流对长江中下游暴雨影响的数值试验[J]. 南京气象学院学报,2003,26(5):595 –604.[Zhou Bing,Han Guirong,He Jinhai. Numerical experiments on the influence of high-altitude westerly jet on heavy rain in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2003,26(5):595 –604.]

[10] 徐海明,何金海,周兵. "倾斜"高空急流轴在大暴雨过程中的作用[J]. 南京气象学院学报,2001,24(2):155 – 161.[Xu Haiming,He Jinhai,Zhou Bing. The role of "Tilt" high-altitude jet stream in heavy rain process[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2001,24(2):155 –161.]

[11] 陈冬冬,戴永久. 近五十年我国西北地区降水强度变化特征[J]. 大气科学,2009,33(5):923 – 935.[Chen Dongdong,Dai Yongjiu. Characteristics of precipitation intensity change in Northwest China in recent 50 years[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2009,33(5):923 –935.]

[12] 陈冬冬,戴永久. 近五十年中国西北地区夏季降水场变化特征及影响因素分析[J]. 大气科学,2009,33(6):1 247 – 1 258.[Chen Dongdong,Dai Yongjiu. Analysis of the variation characteristics and influencing factors of summer precipitation fields in Northwest China in recent 50 years[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2009,33(6):1 247 –1 258.]

[13] 李国昌,董安祥,赵建华. 越赤道气流与西北地区东部夏季降水的联系[J]. 南京气象学院学报,2006,29(2):254 –257.[Li Guochang,Dong Anxiang,Zhao Jianhua. The connection between the cross-equatorial flow and the summer precipitation in the Eastern part of Northwest China[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,2006,29(2):254 –257.]

[14] 陈隆勋,周秀骥,李维亮. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报,2004,62(5):634 – 646.[Chen Longxun,Zhou Xiuji,Li Weiliang. Characteristics of climate change and its formation mechanism in China in the past 80 years[J]. Journal of Meteorological Research,2004,62(5):634 –646.]

[15] 王晖,隆霄,马旭林,等. 近 50 a 中国西北地区东部降水特征[J]. 干旱区研究,2013,30(4):712 –718.[Wang Hui,Long Xiao,Ma Xulin,et al. Characteristics of precipitation in the Eastern part of Northwest China in recent 50 years[J]. Arid Zone Research,2013,30(4):712 –718.]

[16] 姚慧茹,李栋梁,王慧. 1981—2012 年西北东部夏季降水不同强度雨日变化及其环流特征的对比分析[J]. 气象学报,2017,75(3):384 –399.[Yao Huiru,Li Dongliang,Wang Hui. A comparative analysis of the daily variation of summer rainfall and the variation of circulation in summer and Northwestern China from 1981 to 2012[J]. Journal of Meteorological Research,2017,75(3):384 –399.]

[17] 况雪源,张耀存. 东亚副热带西风急流季节变化特征及其热力影响机制探讨[J]. 气象学报,2006,64(5):564 –574.[Kuang Xueyuan,Zhang Yaocun. Study on the seasonal variation characteristics of the East Asian subtropical westerly jet and its thermal influence mechanism[J]. Journal of Meteorological Research,2006,64(5):564 –574.]

[18] 庞文保,杨文峰,李兆元. 陕西省夏季降水量的长期变化趋势[J]. 高原气象,1997,16(3):326 – 330.[Pang Wenbao,Yang Wenfeng,Li Zhaoyuan. Long-term trends of summer precipitation in Shaanxi Province[J]. Plateau Meteorology,1997,16(3):326 – 330.]

[19] 白爱娟,施能,方建刚. 陕西省降水量变化的区域特征分析[J]. 高原气象,2005,24(4):635 –641.[Bai Aijuan,Shi Neng,Fang Jiangang. Analysis of regional characteristics of precipitation change in Shaanxi Province[J]. Plateau Meteorology,2005,24(4):635 –641.]

[20] 张琼,钱正安,陈敏连. 关于夏季南亚高压的进一步研究 Ⅰ. 与我国西北地区降水关系的统计分析[J]. 高原气象,1997,16(1):53 –63.[Zhang Qiong,Qian Zhengan,Chen Minlian. Further research on summer South Asia high pressure I. statistical analysis of precipitation relationship in Northwest China[J]. Plateau Meteorology,1997,16(1):53 –63.]

Effect of Meridional Position of East Asian Subtropical Jet on Midsummer Precipitation in Eastern Part of Northwest China

JI Kai[1], WANG Shi-xin[2], ZUO Hong-chao[1], WANG Yi-pu[1], DING Rui-qiang[3]

(1. *College of Atmospheric Sciences*, *Lanzhou University*, *Lanzhou* 730000, *Gansu*, *China*;

2. *Institute of Hydrology and Water Resources*, *Nanjing University of Information Science and Technology*, *Nanjing* 210044, *Jiangsu*, *China*;

3. *Institute of Atmospheric Physics*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100029, *China*)

Abstract: Many studies have shown that the East Asian subtropical westerly jet is closely related to the summer precipitation in most parts of China, but there are relatively few related studies in Northwest China. In this papers, the daily precipitation data from 179 meteorological stations in China, compiled by the National Meteorological Information Center, and the monthly analysis of NCEP/NCAR data were used to analyze the change of precipitation in midsummer (from July to August) in the eastern part of Northwest China from 1979 to 2017. On the basis of the East Asian subtropical westerly jet meridional position index, the relationship between the change of eastward subtropical westerly jet meridional position and the midsummer precipitation in the eastern part of Northwest China was discussed. The purpose of the study was to further improve the level of predicting drought and flood disasters in Northwest China. The results showed that the midsummer precipitation in the northeastern part of Northwest China was higher in the abnormal years when the center of East Asian subtropical westerly jet was northward, and vice versa. These showed that the change of subtropical westerly jet meridional position affected the change of midsummer precipitation in the eastern part of Northwest China.

Key words: midsummer precipitation; climate change; East Asian subtropical jet meridional position; in eastern part of Northwest China;